

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Bahan bakar nabati (BBN) merupakan bahan bakar yang berasal dari minyak nabati. BBN biasa juga disebut dengan bioetanol, biodiesel, dan bio-oil (minyak nabati murni). Biodiesel berbasis minyak nabati banyak diminati karena merupakan termasuk dari energi terbarukan dan memiliki tingkat pencemaran lingkungan yang rendah. Beragam bahan baku yang tersedia untuk produksi biodiesel merupakan salah satu faktor yang paling signifikan untuk produksi biodiesel. Secara global ada lebih dari 350 tanaman yang sudah diteliti memiliki potensi untuk dijadikan biodiesel (Silitonga, 2013).

Salah satu tanaman yang mempunyai potensi untuk dijadikan biodiesel adalah tanaman jarak pagar (*Jatropha Curcas*). Tanaman jarak pagar merupakan tanaman yang mulai dibudidayakan di Indonesia dengan target areal seluas 2,4 juta hektar pada tahun 2025. Minyak jarak merupakan minyak nabati yang termasuk dalam kategori *non-edible* atau minyak nabati bukan bahan pangan, jadi penggunaannya sebagai bahan baku biodiesel tidak berpengaruh terhadap ketersediaan bahan pangan (Sumangat, 2008). Minyak jarak juga memiliki sifat fisik yang berbeda dengan minyak nabati yang lainnya. Sifat fisik minyak jarak akan disajikan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sifat fisik minyak jarak (Indrayati, 2009)

Sifat	Satuan	Nilai
Titik nyala (<i>flash point</i>)	°C	240
Viskositas	mm ² /detik (30 °C)	17,1-52
Densitas	g/cm ³ (15 °C)	0,920
Kadar air	%	0,07

Jarak pagar dianggap sebagai sumber yang potensial untuk digunakan menjadi biodiesel karena memiliki kandungan minyak yang tinggi yaitu berkisar 30

– 50 % , dan memiliki beberapa komposisi asam lemak yang dominan yaitu asam linoleat, asam palmitat, asam oleat dan asam stearat. Komposisi asam oleat dan asam linoleat bervariasi, kemudian untuk dua asam lemak yang tersisa memiliki komposisi yang relatif tetap karena merupakan asam lemak jenuh (Indrayati, 2009). Komposisi asam lemak yang terdapat pada minyak jarak pagar ditunjukkan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Komposisi asam lemak minyak jarak pagar (Hoekman, 2012)

Komposisi asam lemak	Presentase
Asam palmitat	14,9
Asam stearat	6,1
Asam linoleat	36,2
Asam oleat	40,4

Selain minyak jarak minyak nabati lain yang dapat digunakan adalah minyak jagung. Minyak jagung merupakan trigliserida yang tersusun dari gliserol dan asam-asam lemak. Minyak jagung memiliki kandungan trigliserida sekitar 98,6 % kemudian sisanya adalah bahan non minyak seperti zat warna, lilin dan abu (Sidabutar dkk, 2013). Komposisi asam lemak minyak jagung dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Komposisi Asam Lemak Minyak Jagung (Boulifi dkk, 2010)

Komposisi asam lemak	Presentase
Asam palmitat	12
Asam stearat	2,4
Asam linoleat	55,8
Asam oleat	27,3

Selain komposisi asam lemak minyak jagung juga memiliki karakteristik yang berbeda dengan minyak nabati yang lainnya. Karakteristik minyak jagung dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Karakteristik Minyak Jagung (Boulifi dkk, 2010)

Karakteristik	Satuan	Nilai
Viskositas	cSt (40 °C)	39,28
Angka Iod	mg I ₂ /g	125,4
Angka asam	mg KOH/g	0,23

Kusumaningsih dkk (2006) melakukan penelitian tentang pembuatan biodiesel minyak jarak (*Jatropha Curcas*) dengan variasi suhu dan konsentrasi KOH pada proses transesterifikasi. Suhu optimal yang diperlukan pada reaksi transesterifikasi minyak jarak adalah 65 °C. Dan konsentrasi KOH yang optimal adalah 0,178 M (0,4 g). Kemudian untuk karakteristik biodiesel yang dihasilkan adalah viskositas kinematik sebesar 16,32 cSt, kadar air 0,204 %wt. Menurut Kusumaningsih sifat-sifat tersebut mendekati standar dari spesifikasi biodiesel pada standar ASTM.

Elma dkk (2016) menjelaskan bahwa proses produksi biodiesel campuran minyak kelapa dan minyak jelantah pada proses esterifikasi menggunakan katalis H₂SO₄ dengan komposisi 0,5% dengan waktu 60 menit, serta pada proses transesterifikasi menggunakan katalis KOH dengan komposisi 0,9% dengan waktu 70 menit didapat sampel terbaik yakni pada komposisi 50 MJ : 50 MK dengan nilai gliserol total 0,23%, angka asam sebesar 0,2117, ester content sebesar 98,163%. Keseluruhan dari hasil analisa biodiesel tersebut memenuhi standar EN 14214.

Sidabutar dkk (2013) melakukan penelitian pembuatan biodiesel dari minyak jagung dengan variasi jumlah reaktan dan konsentrasi katalisnya. Konversi dari minyak jagung menjadi biodiesel meningkat dengan meningkatnya rasio reaktan dan jumlah katalis, konversi tertinggi diperoleh pada perbandingan reaktan 1:8, konsentrasi katalisnya (NaOH) sebesar 2% dan waktu reaksinya 120 menit yaitu sebesar 96,41%.

Boulifi dkk (2010) melakukan penelitian tentang produksi biodiesel dari minyak jagung. Konsentrasi katalis sangat berpengaruh terhadap pembentukan biodiesel. Pada penelitiannya dengan konsentrasi katalis sebesar 1,1 % , rendemen ester yang bisa didapatkan adalah sebesar 98,75 % pada temperatur 55 °C).

Patil dkk (2009) melakukan penelitian tentang produksi biodiesel menggunakan beberapa campuran minyak nabati, salah satunya adalah minyak jagung dan kanola. Rendemen (*yield*) maksimum yang bisa didapatkan adalah pada konsentrasi 1 % dan 2 % katalis (KOH), dengan perbandingan 9:1 metanol dengan minyak, pada suhu 60 °C dan 80 °C. Pada pencampuran bahan baku yang lain Setyaningsih dkk (2010) melakukan penelitian menggunakan dua metode pencampuran yakni metode 1 adalah pencampuran dalam bentuk biodiesel dan metode 2 adalah pencampuran dalam bentuk minyak sebelum proses biodiesel. Pencampuran metode 2 menghasilkan yang lebih tinggi dan titik tuang yang lebih rendah dibanding dengan metode 1 dan nilainya relatif konstan.

Tazora (2011) melakukan penelitian terhadap pengaruh metode campuran terhadap mutu biodiesel dengan melalui dua tahap yakni tahap esterifikasi dan transesterifikasi dengan kadar asam lemak bebas minyak jarak sebesar 2,05 % dan kadar asam lemak bebas minyak karet sebesar 13,01% dengan melakukan esterifikasi dapat menurunkan kadar asam lemak bebas sebesar 0,40% untuk minyak karetnya. Farag dkk (2010) dalam penelitiannya tentang faktor-faktor yang mempengaruhi esterifikasi campuran minyak menjelaskan bahwa asam lemak bebas dengan jumlah yang lebih besar dari 1 mg/g KOH atau sekitar 1-2,5 % jika dilakukan pembuatan biodiesel melalui proses transesterifikasi secara langsung maka akan terjadi proses penyabunan yang sangat tinggi. Untuk menghindarinya maka perlu dilakukan proses esterifikasi dan juga transesterifikasi.

Tazora (2011) melakukan penelitian terhadap pengaruh metode campuran terhadap mutu biodiesel dari minyak jarak dan minyak biji karet. Sebelum pencampuran, biodiesel biji karet memiliki viskositas sebesar 4,86 cSt dan bilangan setana sebesar 46,35, sedangkan biodiesel jarak pagar memiliki viskositas sebesar 6,16 cSt dan bilangan setana sebesar 53,7. Kedua minyak tersebut kemudian dicampur dengan menggunakan 2 metode, yakni metode pencampuran minyak dan metode pencampuran biodiesel. Pada pencampuran minyak perbandingan campuran yang optimal adalah pada komposisi 80 % minyak jarak pagar dan 20 % minyak biji karet dimana viskositas menjadi 5,92 cSt dan bilangan setana menjadi 52. Kemudian untuk metode pencampuran biodiesel juga memiliki perbandingan yang

sama dengan pencampuran biodiesel yakni 80 % biodiesel jarak pagar dan 20 % biodiesel biji karet dimana viskositasnya sebesar 5,75 cST dan bilangan setana 51,8.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Biodiesel

Biodiesel adalah bahan bakar alternatif untuk mesin diesel yang terbuat dari bahan baku yang terbarukan seperti minyak nabati dan lemak hewan. Bahan ini bersifat *biodegradable* atau dapat diuraikan oleh bakteri pengurai, bahan ini juga bersifat *nontoxic*, mempunyai tingkat pencemaran yang rendah yang menguntungkan bagi lingkungan (Ma, 1999). *American Standard Testing and Material* (ASTM) mendefinisikan biodiesel sebagai “bahan bakar yang terdiri dari monoalkil ester dari rantai panjang asam lemak minyak nabati atau lemak hewan”. Bahan baku minyak nabati dan lemak hewan yang digunakan untuk memproduksi biodiesel dikenal sebagai trigliserida. Biodiesel diproduksi dengan proses kimia yaitu transesterifikasi, dimana trigliserida direaksikan dengan alkohol dengan adanya katalisator untuk menghasilkan alkil ester asam lemak (Hoekman, 2012).

Kemunculan mesin diesel dimulai pada tahun 1893, saat Ruudolf Diesel (1858-1913) mengeluarkan tulisan yang berjudul “The Theory and Construction of A Rational Heat Engines”. Tulisan tersebut membahas mesin yang dapat mengompresi udara sampai pada tekanan yang sangat tinggi disebabkan oleh gerakan piston. Selain tekanan yang tinggi, juga dihasilkan suhu yang tinggi. Mesin keluaran pertama yang digunakan sebagai model berupa sebuah besi silinder berukuran 10 ft dengan *flywheel* sebagai dasarnya.

Mesin yang kemudian diberi nama diesel tersebut diujicobakan di Ausburg, Jerman pada 10 Agustus 1893 dengan bahan bakar minyak kacang. Sebagai apresiasi terhadap peristiwa penting ini, setiap tanggal 10 Agustus diperingati sebagai Hari Biodiesel Internasional. Mesin ini didemonstrasikan di *World's Fair* di Paris, Prancis pada tahun 1900 dan mendapatkan “*Grand Prix*” yang merupakan penghargaan tertinggi. Diesel memprediksikan akan pentingnya penggunaan minyak nabati pada masa mendatang seperti pentingnya minyak bumi (Budiman, 2017).



Gambar 2.1. Mesin diesel silinder tunggal Rudolf Diesel (Budiman, 2017)

Biodiesel memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan petrodiesel, salah satunya yaitu biodiesel merupakan bahan bakar ramah lingkungan. Dengan karakteristik terbakar yang hampir sama dengan petrodiesel, emisi yang dihasilkan dari pembakaran biodiesel lebih sedikit dibandingkan dengan petrodiesel. Pada tabel 2.5 disajikan perbandingan biodiesel dan petrodiesel.

Tabel 2.5. Perbandingan sifat biodiesel dan petrodiesel (Budiman, 2017)

Aspek	Biodiesel	Petrodiesel
Sifat pembakaran	Lebih bersih	Menimbulkan polusi dan masalah kesehatan
Emisi CO ₂	78% lebih rendah dibandingkan petrodiesel	Emisinya sangat besar sehingga berkontribusi terhadap pemanasan global
Sifat pelumasan	Memiliki sifat pelumasan sehingga turut membersihkan bagian dalam mesin	Tidak memiliki sifat pelumasan
Angka setana	Angka setana lebih tinggi sehingga lebih mudah di- <i>starter</i>	Angka setana lebih rendah dibandingkan biodiesel

Aspek	Biodiesel	Petrodiesel
Emisi padat dan gas buang	Menghasilkan lebih sedikit jelaga, CO, hidrokarbon tidak terbakar dan SO ₂	Mengemisikan kandungan sulfur yang tinggi dalam gas buang
Efek terhadap lingkungan	Tidak beracun, dapat diuraikan dan mengurangi efek tumpahan minyak bumi yang mencemari perairan	Sifat biodegradablenya lebih rendah dibandingkan biodiesel, pemicu efek gas rumah kaca

2.2.2. Sifat Fisik Biodiesel

Pada dasarnya biodiesel adalah bahan bakar cair yang strukturnya tidak rapat dan mempunyai molekul yang mudah bergerak dibanding dengan bahan bakar padat. Selain itu biodiesel juga bersifat mudah terbakar, mudah meledak, mengandung racun, dan mempunyai kandungan zat pencemar. Oleh karena itu sifat biodiesel sangat berkaitan dengan kualitasnya, baik kualitas pembakaran maupun dampak terhadap lingkungan. Biodiesel mempunyai beberapa sifat fisik seperti viskositas, densitas, *flash point*, dan nilai kalor.

2.2.2.1. Densitas

Densitas atau massa jenis merupakan berat persatuan volume yang berhubungan antara massa dan volume fluida. Massa jenis rata-rata suatu benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya (Dewi, 2015). Densitas bahan bakar adalah faktor yang mempengaruhi performa mesin. Karena rasio kandungan udara dan energi dalam ruang pembakaran dipengaruhi oleh densitas. Secara umum, kepadatan bahan bakar biodiesel sedikit lebih tinggi dari pada bahan bakar diesel fosil (Hoekman, 2012).

Tingkat ketidakjenuhan yang tinggi akan menyebabkan peningkatan pada densitas (Hoekman, 2012). Indonesia memiliki standar spesifikasi berdasarkan SNI

7182-2015 dimana nilai densitas yang diizinkan adalah 850 – 890 kg/m³ pada suhu 40 °C (BSN, 2015).

Secara matematika cara menentukan densitas dapat dilihat pada persamaan 2.1.

$$\rho = \frac{m}{v} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

ρ = densitas (g/cm³)

m = massa zat (g)

v = volume (cm³)

2.2.2.2. Viskositas

Viskositas adalah pengukuran gesekan internal antara resistansi terhadap aliran fluida atau juga biasa disebut dengan kekentalan. Pada mesin diesel, bahan bakar cair diatomisasikan terlebih dahulu di *mixing chamber* sebelum masuk ke ruang bakar. Nilai viskositas yang tinggi akan menimbulkan atomisasi bahan bakar yang buruk, pembakaran tidak sempurna dan pengendapan karbon pada *injector*. Viskositas tinggi juga menyebabkan banyak masalah pada saat cuaca dingin, karena viskositas akan meningkat dengan adanya penurunan suhu. Namun disisi lain bahan bakar dengan viskositas rendah memiliki daya pelumasan yang buruk (Martinez, 2014).

Viskositas dari senyawa lemak secara signifikan dipengaruhi oleh struktur pembentuknya. Faktor yang sangat berpengaruh adalah panjang rantai, posisi, jumlah dan ikatan rangkap. Umumnya bahan bakar diesel fosil memiliki viskositas yang lebih rendah dari biodiesel. Viskositas biodiesel lebih tinggi karena kandungan metil esternya yang tinggi (Martinez, 2014).

Pada viskositas satuan yang digunakan adalah cSt yang dapat dilihat melalui persamaan 2.2.

$$v = \frac{\mu}{\rho} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

v = viskositas kinematik (cSt)

μ = viskositas dinamik (mPa.s)

ρ = massa jenis (kg/m³)

2.2.2.3. Flash Point

Flash point atau titik nyala adalah temperatur terendah dimana minyak (uap minyak dan produknya dalam campuran udara akan menyala dan akan mati dalam sekejap. Titik nyala bervariasi berbanding terbalik dengan volatilitas bahan bakar. Umumnya biodiesel memiliki temperatur titik nyala yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan bahan bakar diesel fosil atau *petroleum* dimana biodiesel mempunyai titik nyala antara 110 °C sampai dengan 180 °C dan bahan bakar diesel fosil mempunyai titik nyala antara 55 – 66 °C (Silitonga, 2013).

2.2.2.4. Nilai Kalor

Nilai kalor adalah jumlah energi kalor yang dilepaskan bahan bakar pada saat oksidasi unsur-unsur kimia yang ada pada bahan bakar atau jumlah panas/kalori yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar dengan udara/oksigen. Nilai kalor berbanding terbalik dengan densitas. Semakin besar densitas suatu minyak, maka akan semakin kecil nilai kalornya, demikian juga sebaliknya semakin rendah densitas maka semakin tinggi nilai kalornya, hal ini berlaku pada volume yang sama. Nilai kalor umumnya dinyatakan dalam satuan kCal/kg atau Btu/lb (satuan *british*) (Kholidah, 2014).

2.2.3. Spesifikasi Biodiesel

Biodiesel yang akan digunakan harus memenuhi standar mutu biodiesel, ini bertujuan untuk menjamin bahwa biodiesel yang akan digunakan tersebut layak baik tingkat keamanan dan kegunaannya. Badan Standarisasi Nasional (BSN) telah membuat syarat mutu biodiesel di Indonesia melalui Standar Nasional Indonesia

(SNI) yaitu SNI 7182-2015 yang akan disajikan pada tabel 2.6, selain itu Amerika juga sudah membuat standar mutu biodiesel sendiri yang tidak berbeda jauh dengan standar yang ada di Indonesia. Melalui *American Standard Testing and Material* (ASTM) yakni ASTM D 6751 yang akan disajikan pada tabel 2.7.

Tabel 2.6 Syarat mutu biodiesel SNI 7182-2015 (Bsn, 2015)

No	Parameter Uji	Satuan Min/Maks	Persyaratan
1	Masa jenis pada 40 °C	40 °C kg/m ³	850 - 890
2	Viskositas kinematik pada 40 °C	mm ² /s (cSt)	2,3-6,0
3	Angka setana (CN)	Min	51
4	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C, min	100
5	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50 °C		Nomor 1
6	Residu karbon dalam percontohan asli ; atau dalam 10 % ampas	% massa maks	0,05 0,3
7	Air sedimen	%-volume,maks	0,05
8	Titik kabut	°C, maks	18
9	Temperatur destilasi 90 %	°C, maks	360
10	Abu tersulfatkan	%-massa, maks	0,02
11	Belerang	mg/kg, maks	50
12	Fosfor	mg/kg, maks	4
13	Angka asam	Mg-KOH/g, maks	0,5
14	Gliserol bebas	%-massa, maks	0,02
15	Gliserol total	%-massa, maks	0,24
16	Kadar ester metil	%-massa, min	96,5
17	Angka iodium	%-massa (g-12/100g), maks	115
18	Kestabilan oksidasi periode induksi metode rancimat atau periode induksi metode petro oksidasi	Menit	480 36

Tabel 2.7 Biodiesel standard ASTM D 6751 (Burton, 2008)

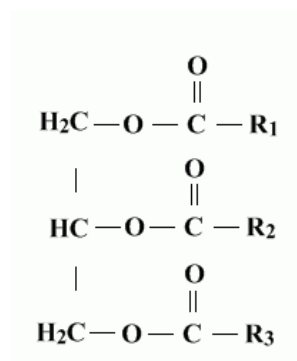
<i>Property</i>	<i>Test Method</i>	<i>Limits</i>	<i>Unit</i>
<i>Calcium & magnesium</i>	<i>EN 14538</i>	<i>5 max ppm</i>	<i>(ug/g)</i>
<i>Flash point (closed cup)</i>	<i>D 93</i>	<i>93.0 min</i>	<i>°C</i>
<i>Water and sedimen</i>	<i>D 2709</i>	<i>0.050 max</i>	<i>% volum</i>
<i>Kinematic viscosity, 40 °C</i>	<i>D 445</i>	<i>1.9-6.0</i>	<i>mm²/s</i>
<i>Sulfated ash</i>	<i>D 874</i>	<i>0.020 max</i>	<i>%mass</i>
<i>Sulfur</i>	<i>D 5453</i>	<i>0.05 or 0.0015 max</i>	<i>% mass</i>
<i>Copper strip corrosion</i>	<i>D 1 30</i>	<i>No. 3 max</i>	
<i>Cetane number</i>	<i>D 61 3</i>	<i>47 min</i>	
<i>Cloud point</i>	<i>D 2500</i>	<i>report</i>	<i>°C</i>
<i>Carbon residue</i>	<i>D 4530</i>	<i>0.050 max</i>	<i>%mass</i>
<i>Acid number</i>	<i>D 664</i>	<i>0.50 max</i>	<i>mg KOH/g</i>
<i>Free glycerin</i>	<i>D 6584</i>	<i>0.020</i>	<i>%mass</i>
<i>Total glycerin</i>	<i>D 6584</i>	<i>0.240</i>	<i>%mass</i>
<i>Phosphorus content</i>	<i>D 4951</i>	<i>0.001 max</i>	<i>%mass</i>
<i>Destilation temperature , T90 AET</i>	<i>D 1 1 60</i>	<i>360 max</i>	<i>°C</i>
<i>Sodium/potassium, combined</i>	<i>EN 14538</i>	<i>5 max, combined</i>	<i>Ppm</i>
<i>Oxidation stability</i>	<i>EN 14112</i>	<i>3 min</i>	<i>Hours</i>
<i>Workmanship</i>	<i>Free of undissolved water, sediment , & suspended matter</i>		

2.2.4. Minyak Nabati

Minyak nabati adalah minyak yang berasal dari tumbuhan atau biasa disebut dengan *vegetable oil*. Minyak nabati merupakan golongan dari lipid, yaitu senyawa organik yang tidak larut dalam air, namun dapat terlarut dalam pelarut organik non

polar seperti senyawa hidrokarbon atau dietil ester. Komposisi utama penyusun minyak nabati adalah gliserida dan asam lemak dengan rantai karbonnya yang panjang. Gliserida merupakan ester dari gliserol. Gliserida terdiri dari monogliserida, digliserida dan trigliserida tergantung pada jumlah asam lemak yang terikat pada gliserol (Wijayanti, 2008).

Pada umumnya kandungan minyak nabati adalah 90-98% trigliserida, yaitu tiga molekul asam lemak yang terikat pada gliserol. Tri gliserida merupakan bahan utama dalam pembuatan biodiesel. Struktur umum trigliserida dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Struktur umum trigliserida

R_1 , R_2 , R_3 adalah rantai alkil. Setiap asam lemak yang tidak terikat pada molekul trigliserida dalam lemak atau minyak disebut dengan asam lemak bebas (ketaren, 1986).

2.2.4.1. Minyak Jarak (*Jatropha Curcas*)

Minyak jarak pagar berasal dari tanaman jarak pagar yang mempunyai nama latin *Jatropha Curcas*. Jarak pagar termasuk dalam famili *Euphorbiaceae*. Tanaman jarak pagar berasal dari Amerika Tengah. Indonesia mulai menanam jarak pagar sejak zaman penjajahan Jepang. Biji jarak pagar digunakan sebagai bahan bakar pesawat tempur Jepang. Minyak jarak pagar berwarna kuning pucat. Minyak jarak pagar memiliki asam lemak jenuh sebesar 21,1 % dan asam lemak tak jenuh

sebesar 78,9 % (Budiman dkk, 2017) dan sifat fisik minyak jarak pagar akan disajikan pada tabel 2.8.

Tabel 2.8 Sifat Fisik Minyak Jarak Pagar (Budiman dkk , 2017)

Sifat	Satuan	Nilai
Densitas	g/cm ³	860-933
Viskositas (30 °C)	cSt	37-54,8
Angka setana	-	38-51
Angka iodium	mg I/kg	92-112
Angka asam	mg KOH/g	0,92-6,16
<i>Pour point</i>	°C	-3
<i>Cloud point</i>	°C	3
Titik nyala	°C	210-240

Kelebihan minyak jarak pagar sebagai bahan baku biodiesel adalah tanaman jarak pagar bukan merupakan tanaman pangan sehingga tidak bersaing dengan kebutuhan pangan. Minyak jarak pagar tidak dapat dikonsumsi karena mengandung racun berupa *phorbol ester* (Budiman dkk, 2017).

2.2.4.2. Minyak Jagung

Minyak jagung atau dalam bahasa latinnya (*Zea Mays*) adalah minyak nabati yang berasal dari tumbuhan yakni pohon jagung. Minyak jagung merupakan minyak yang kaya akan asam lemak tak jenuh yaitu asam lineolat dan asam linolenat (Dwiputra dkk, 2015). Minyak jagung adalah minyak yang potensial untuk dijadikan biodiesel karena pembudidayaannya yang mudah, namun minyak jagung merupakan minyak nabati *edible* atau minyak dari bahan pangan yang akan bersaing dengan kebutuhan pangan jika dikonversi menjadi biodiesel. Kandungan asam lemak minyak jagung dapat dilihat pada tabel 2.9 dan sifat fisik biodiesel minyak jagung dapat dilihat pada tabel 2.10.

Tabel 2.9 Kandungan Asam Lemak Minyak Jagung (Maddock, 1999)

Asam lemak	Presentase
Asam oleat	25,16
Asam palmitat	11,67
Asam linoleat	60,6
Asam stearat	1,85

Tabel 2.10 Sifat Fisik Biodiesel Minyak Jagung (Hoekman, 2012)

Sifat fisik	Satuan	Nilai
Viskositas	Mm ² /s (40 °C)	4,19
Titik nyala	°C	171
Angka setana		55,7
Densitas	g/cm ³	0,883

2.2.5. Esterifikasi

Reaksi esterifikasi adalah reaksi yang terjadi antara asam lemak bebas dengan metano menghasilkan akil ester dan air. Reaksi esterifikasi cocok diterapkan pada minyak dengan kadar *free fatty acid* (FFA) atau asam lemak bebas yang tinggi. Pengolahan bahan baku yang mengandung asam lemak bebas > 1% melalui transesterifikasi memicu terjadinya reaksi penyabunan. Bahan baku yang memiliki kadar FFA tinggi biasanya diproses melalui dua reaksi sekaligus. Pertama adalah tahap penurunan kadar asam lemak FFA melalui esterifikasi dan selanjutnya diikuti proses transesterifikasi (Budiman dkk, 2017).

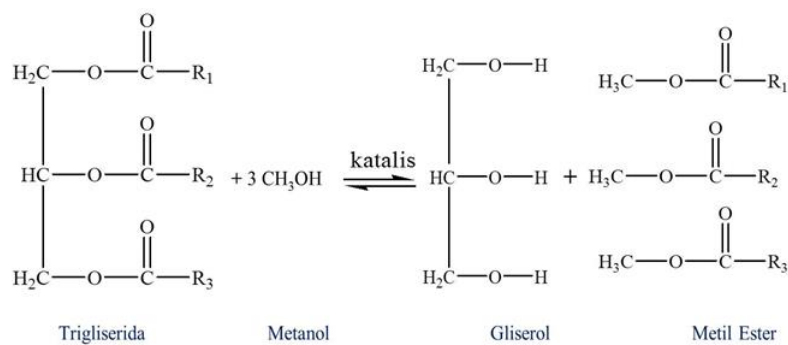
Reaksi esterifikasi pada umumnya menggunakan katalis homogen seperti asam sulfat (H₂SO₄) dan asam klorida (HCl) (Dewi, 2015). Reaksi esterifikasi asam lemak dan metanol dapat dilihat pada persamaan 2.3.



Reaksi esterifikasi sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah suhu, pengadukan, air dan perbandingan molar alkohol dan minyak. Untuk suhu sendiri reaksi esterifikasi dijalankan apada kisaran suhu (60-70 °C), karean suhu tersebut merupakan suhu didih metanol (Budiman dkk, 2017).

2.2.6. Transesterifikasi

Transesterifikasi merupakan proses antara trigliserida dengan alkohol membentuk akil ester dan gliserol (Dewi, 2015). Akil ester inilah yang disebut dengan biodiesel, sementara itu trigliserida adalah komponen utama penyusun minyak dan lemak yang merupakan triester dari gliserol dengan asam-asam lemak. Karena menggunakan alkohol sebagai reaktannya reaksi ini biasa disebut juga dengan reaksi alkoholis (Budiman dkk, 2017). Adapun reaksi transesterifikasi dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Reaksi Transesterifikasi

R dalam reaksi transesterifikasi pada gambar 2.3 merupakan akil berupa hidrokarbon rantai panjang yang biasa disebut sebagai asam lemak. Dalam reaksi transesterifikasi, diperlukan adanya katalis yang bertujuan untuk mempercepat laju reaksi. Tanpa adanya katalis, dapat dicapai konversi yang tinggi. Namun, reaksi akan berjalan sangat lambat (Budiman dkk, 2017).

2.2.7. Katalis

Katalis adalah zat yang mempunyai fungsi untuk mempercepat laju suatu reaksi dan dapat menurunkan kondisi operasi. Karena reaksi transesterifikasi dan reaksi esterifikasi merupakan reaksi yang lambat. Maka diperlukan katalis untuk mempercepat laju reaksinya. Ada dua macam katalis yang umum digunakan pada proses transesterifikasi dan esterifikasi, diantaranya :

2.2.7.1 Katalis Basa Homogen

Katalis basa homogen merupakan jenis katalis yang umum digunakan pada reaksi transesterifikasi. Hal ini disebabkan oleh kenggulannya yaitu katalis basa homogen memberikan laju reaksi 4000 kali lipat lebih besar dari katalis asam. Akan tetapi katalis basa biasa lebih banyak digunakan pada reaksi transesterifikasi *edible oil* karena memiliki kadar FFA yang rendah. Sedangkan untuk *non edible oil* perlu melalui proses esterifikasi dengan katalis asam karena memiliki kadar FFA yang tinggi. Kebutuhan katalis basa untuk proses transesterifikasi berkisar antara 0,3-1 %. Beberapa katalis basa yang umum digunakan adalah NaOH, KOH, NaOCH₃ dan KOCH₃ (Budiman dkk, 2017).

2.2.7.2. Katalis Asam Homogen

Katalis asam homogen digunakan untuk memproduksi biodiesel dari minyak dengan kadar FFA tinggi melalui proses esterifikasi. Meskipun katalis asam lebih murah daripada katalis basa, katalis ini membutuhkan lebih banyak alkohol. Karena efek korosi yang ditimbulkan dari katalis asam, perlu dipilih jenis material reaktor yang antikorosi. Jenis asam Bronsted seperti H₂SO₄, H₃PO₄ dan HCl merupakan katalis yang umum digunakan dan efektif untuk digunakan pada reaksi esterifikasi (Budiman dkk, 2017).

2.2.8. Metanol

Dalam pembuatan biodiesel, diperlukan alkohol sebagai salah satu reaktannya. Alkohol diperlukan dalam jumlah yang berlebih untuk menggeser keseimbangan reaksi ke arah produk. Oleh karena itu, keberadaan alkohol sangat

penting dalam reaksi transesterifikasi maupun esterifikasi. Metanol merupakan jenis alkohol yang paling diminati dalam proses produksi biodiesel. Hal ini disebabkan karena metanol memiliki reaktivitas yang paling tinggi di antara alkohol jenis yang lainnya. Sifat reaktif metanol terkait dengan rantai atom C yang dimilikinya. Rantai atom C alkohol yang semakin pendek akan memperkecil hambatan sterik saat penyerangan gugus karbonil trigliserida berlangsung (Budiman dkk, 2017).

Metanol (CH_3OH) mempunyai tingkat toksisitas yang tinggi. metanol memiliki densitas sebesar 0,792 g/ml. Titik leleh metanol ialah $-104\text{ }^\circ\text{C}$ dan titik didihnya yaitu $64,7\text{ }^\circ\text{C}$. Metanol sedikit larut dalam air, eter dan etanol dengan kelarutan kurang dari 10%. Metanol murni sangat mudah terbakar dan pada suhu $330\text{ }^\circ\text{C}$ tekanan 1 atm metanol berada dalam fase cair (Budiman dkk, 2017)

